



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 199 50 228 A 1**

51 Int. Cl. 7:
F 01 D 9/04
F 03 B 3/18
F 01 D 5/14

21 Aktenzeichen: 199 50 228.5
22 Anmeldetag: 19. 10. 1999
43 Offenlegungstag: 16. 11. 2000

DE 199 50 228 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:
Voith Hydro GmbH & Co.KG, 89522 Heidenheim, DE
74 Vertreter:
Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

72 Erfinder:
Simon, Frank, Dr., 89522 Heidenheim, DE; Kächele,
Thomas, Dr., 89522 Heidenheim, DE; Schuh, Armin,
89568 Hermaringen, DE

56 Entgegenhaltungen:
DE 42 28 879 A1
US 60 07 297 A
US 58 73 700 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Hydraulische Strömungsmaschine

57 Die Erfindung betrifft eine hydraulische Strömungsmaschine
- mit einem Laufrad, das eine Vielzahl von Laufschaufeln aufweist;
- mit einem Leitapparat, der eine Vielzahl von Leitschaufeln aufweist;
- die Leitschaufeln sind jeweils um eine Drehachse drehbar;
- die Austrittskante einer jeden Leitschaufel - bei gradlinigem Kantenverlauf - beziehungsweise die Verbindungslinie zwischen den Endpunkten einer jeden Austrittskante - bei gekrümmtem Kantenverlauf - ist zur Leitschaufel-Drehachse geneigt.

DE 199 50 228 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine hydraulische Strömungsmaschine, insbesondere eine Wasserturbine, Pumpturbine oder Pumpe, umfassend ein Laufrad, ein Gehäuse, das mit entsprechenden Zuflüssen und Abflüssen versehen ist sowie einen Leitapparat. Laufrad und Leitrad umfassen jeweils eine Mehrzahl von Schaufeln. Die Schaufeln des Leitrades sind in einem Kanal angeordnet, der dem Laufrad vorgeschaltet ist. Es können auch zwei oder mehrere Leiträder vorgesehen sein. Als Beispiel wird auf US-A-4 496 282 verwiesen.

Es ergibt verschiedene Bauarten von Wasserturbinen. Francisturbinen werden bei größeren Fallhöhen eingesetzt. Das Laufrad wird von außen nach innen durchströmt, wobei die Abströmung stets axial erfolgt. Kaplanurbinen sind für relativ niedrige und stark schwankende Fallhöhen geeignet.

Bei Francisturbinen erfolgt die Regelung durch Verstellen der Leitschaufel über Lenker mittels Stellkräften von zwei (in Sonderfällen auch vier) hydraulischen Servomotoren. Es werden auch Einzelservomotoren für jede Leitschaufel angewandt. Bei einer Änderung der Betriebsverhältnisse aufgrund von Fallhöhen schwankungen oder von Durchsatzschwankungen wird der Drall vor dem Laufrad durch Leitschaufelverstellung angepaßt. Die Anpassung erfolgt derart, daß die Laufraddrehzahl je nach der abgenommenen Antriebsleistung des Generators konstant bleibt. Die Leitschaufeln bewirken in den extremen Betriebsstellungen im einen Falle einen fast freien Durchschlußquerschnitt, im anderen Falle einen nahezu geschlossenen Durchschlußquerschnitt.

Bei Kaplanurbinen sind sowohl die Leitrad-schaufeln als auch die Laufradschaufeln verstellbar. Der Arbeitspunkt wird demgemäß durch eine optimale Zuordnung der Leitschaufelstellung zur Laufradschaufelstellung bestimmt.

Es wurden zahlreiche Anstrengungen unternommen, um den Arbeitsbereich und den Wirkungsgrad von hydraulischen Strömungsmaschinen mit gelenkten Strömungen zu verbessern. Eine wichtige Anforderung ist es dabei, einen möglichst hohen Wirkungsgrad über einen weiten Betriebsbereich zu sichern. Dabei wurden im Laufe der Zeit viele Teilaspekte untersucht. Moderne hydraulische Strömungsmaschinen besitzen einen Verlustanteil von weniger als fünf Prozent. Steigerungen des Wirkungsgrades in der Größenordnung eines Zehntel Prozent gelten bereits als hoch.

Ein weiteres Problem bei hydraulischen Strömungsmaschinen mit Leitschaufeln und Laufradschaufeln sind Pulsationen, d. h. Druckschwingungen. Diese erzeugen oszillierende Kräfte, die ihrerseits im Laufe von Monaten und Jahren des Betriebes zu mechanischen Beanspruchungen und Verschleiß führen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Maßnahmen anzugeben, mit denen der Wirkungsgrad noch mehr gesteigert werden kann, und mit denen ein breites Spektrum von Fallhöhen oder von Durchsätzen oder von diesen beiden optimal ausgenutzt, und damit der Wirkungsgrad bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen maximiert werden kann. Außerdem sollen Maßnahmen getroffen werden, um die genannten Pulsationen zu verringern oder zu dämpfen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Demgemäß werden die Austrittskanten der Leitschaufeln – bei gradlinigem Kantenverlauf – beziehungsweise die Verbindungslinie zwischen den Endpunkten einer jeden Austrittskante – bei gekrümmtem Kantenverlauf – derart angeordnet, daß sie zur Leitschaufel-Drehachse geneigt sind. Hierdurch wird die Abströmung von der Leitschaufel im Sinne einer optimalen Strömungsführung günstig beeinflusst.

Der Neigungswinkel braucht nur einige wenige Grad zu

betragen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung werden die Schaufeln von Leitrad und Laufrad derart gestaltet, daß die Austrittskanten der Leitschaufeln und die Eintrittskanten der Laufradschaufeln – in einem Meridianschnitt gesehen – bei einer hydraulisch relevanten Leitschaufelöffnung weitgehend parallel zueinander verlaufen. Außerdem sollten sie nahe beieinander liegen. Es kann hierdurch ein weitgehend gleichmäßiger Abstand der Meridiankontur des Laufrades und der Leitschaufelkontur bei einer hydraulisch relevanten Leitschaufel erzielt werden.

Es hat sich gezeigt, daß sich durch die genannten erfindungsgemäßen Maßnahmen Pulsationen minimieren lassen, so daß die mechanische Festigkeit sowie die dynamische, hydraulische Belastung verbessert wird. Außerdem wird die Strömung ganz allgemein optimiert, beispielsweise im Hinblick auf die Vermeidung von Kavitation.

Eine weitere, vorteilhafte Maßnahme kann darin bestehen, die Drehachsen der Leitschaufeln derart zu legen, daß sie nicht parallel zur Laufrad-Drehachse verlaufen, sondern unter einem gewissen Neigungswinkel. Handelt es sich um konische Laufradschaufeln, so verlaufen die Schließkanten – in ihrer Verlängerung – nicht durch den Konus-Mittelpunkt.

Die Erfindung ist anhand der Zeichnungen näher erläutert. Darin ist im einzelnen folgendes dargestellt:

Fig. 1 zeigt die wesentlichen Bauteile einer konventionellen Francis-Turbine mit zylindrischem Leitapparat in einem Meridianschnitt,

Fig. 2 zeigt die wesentlichen Bauteile einer erfindungsgemäßen Francis-Turbine mit zylindrischem Leitapparat in einem Meridianschnitt,

Fig. 3 zeigt die Austrittskante einer Leitschaufel und eine Eintrittskante des Laufrades bei einer konventionellen Francis-Turbine, in Strömungsrichtung gesehen,

Fig. 4 zeigt die Austrittskante einer Leitschaufel sowie eine Eintrittskante des Laufrades bei einer erfindungsgemäßen Francis-Turbine in Strömungsrichtung gesehen.

Die in Fig. 1 gezeigte konventionelle Francis-Turbine weist eine Turbinen-Hauptachse 1 auf, um die ein Laufrad 2 umläuft. Dem Laufrad ist in Strömungsrichtung ein Leitapparat 3 mit verstellbaren Leitschaufeln vorgeschaltet, und dem Leitapparat 3 wiederum ein sogenannter Traversenring 4 mit feststehenden Schaufeln.

Die einzelne Schaufel des Leitapparates 3 weist jeweils eine Austrittskante auf, und die einzelne Schaufel des Laufrades 2 weist jeweils eine Eintrittskante 2.1 auf. Jede Schaufel des Leitapparates 3 ist um eine Achse 3.4 verdrehbar, die im vorliegenden Falle parallel zur Turbinenhauptachse 1 verläuft.

In diesem Schnitt verläuft die Austrittskante 3.1 einer jeden Leitschaufel zwischen den Punkten A und B auf einer Geraden. Hingegen ist die Eintrittskante 2.1 einer jeden Schaufel des Laufrades zwischen den Punkten C und D räumlich gekrümmt.

Bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform gemäß Fig. 2 ist die Austrittskante 3.1 einer jeden Leitschaufel zwischen den Punkten A und B räumlich gekrümmt. Die Krümmung ist eine ähnliche wie jene der Eintrittskante 2.1 einer jeden Schaufel des Laufrades 2 zwischen den Punkten C und D. Die beiden Kanten 3.1 und 2.1 liegen relativ nahe beieinander.

Die Verbindungslinie zwischen den Punkten A und B ist zur Turbinen-Hauptachse 1 bzw. zur Achse 3.4 des Leitapparates 3 windschief angeordnet. Überdeckt die Eintrittskante 2.1 des rotierenden Laufrades den Punkt B der Austrittskante 3.1 der Leitschaufel, so bilden – in Strömungsrichtung gesehen – die beiden Punkte A, B (= D) und C ein Dreieck, in dem alle Winkel kleiner als 90° sind. Die Winkel

dieses Dreiecks brauchen erfindungsgemäß nur wenig kleiner als 90° zu sein. Diese Schiefstellung der Leitschaufel Austrittskante 3.1 gegenüber der Laufrad Eintrittskante 2.1 kann wie folgt erreicht werden:

entweder durch eine Neigung bzw. Krümmung des Leitschaufelplatzes 3, oder durch eine Schiefstellung der Leitschaufel Drehachse 3.4 gegenüber der Turbinen-Hauptachse 1.

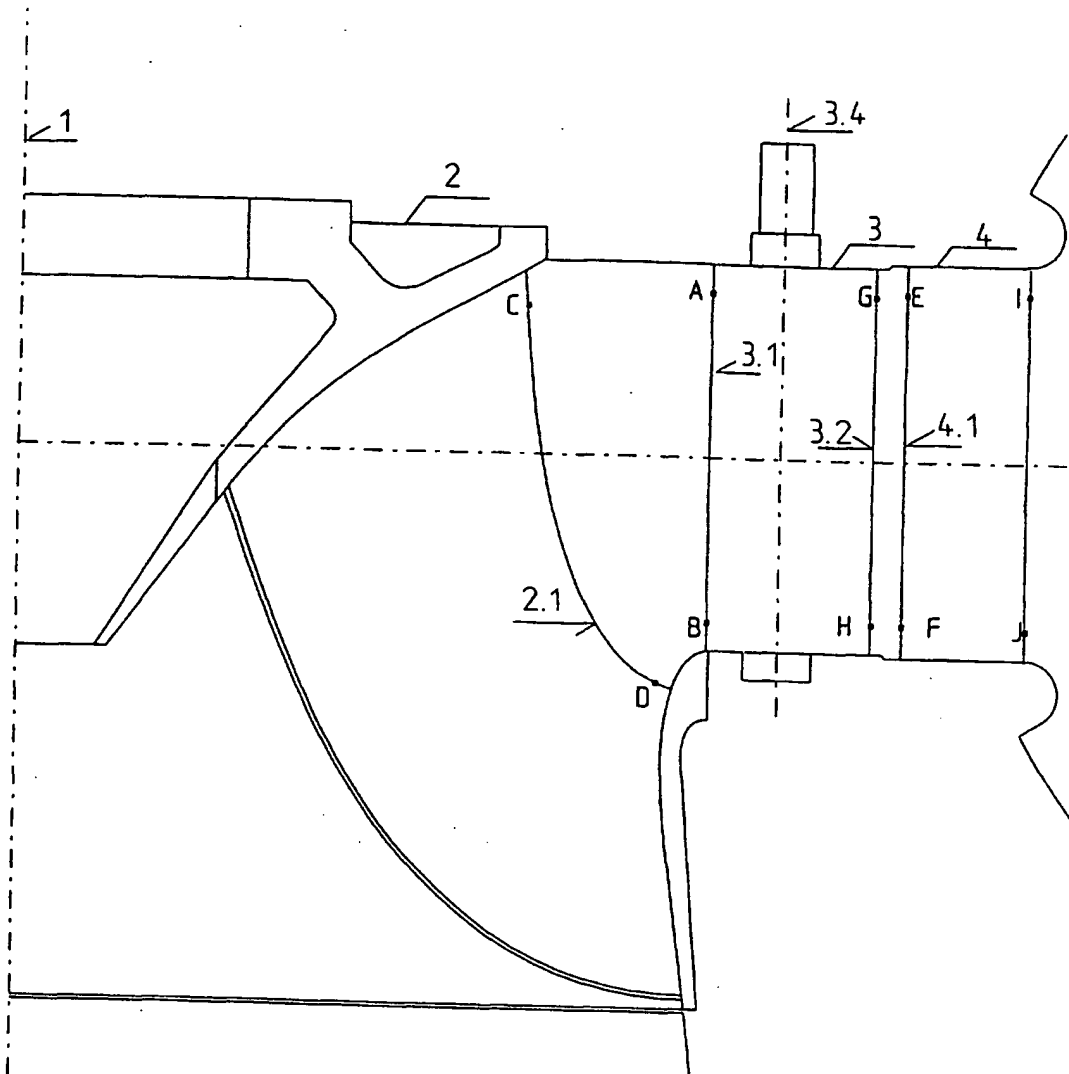
Die Verhältnisse zwischen der Austrittskante 4.1 einer jeden Traverse und der Eintrittskante 3.2 einer jeden Leitschaufel sind bei der Erfindung ganz ähnlich wie zwischen einer Austrittskante 3.1 einer jeden Leitschaufel und einer Eintrittskante 2.1 einer jeden Schaufel des Laufrades. Die Austrittskanten 4.1 einer jeden Traverse sind bei der Erfindung nämlich ebenfalls räumlich gekrümmt.

Die Fig. 3 und 4 machen wiederum den Unterschied zwischen dem Stand der Technik und der Erfindung deutlich. Sie lassen den Verlauf der Austrittskante 3.1 einer Leitschaufel sowie der Eintrittskante 2.1 einer Laufradschaufel erkennen.

Patentansprüche

1. Hydraulische Strömungsmaschine;
 - 1.1 mit einem Laufrad (2), das eine Vielzahl von Laufschaufeln aufweist;
 - 1.2 mit einem Leitapparat (3), der eine Vielzahl von Leitschaufeln aufweist;
 - 1.3 die Leitschaufeln sind jeweils um eine Drehachse (3.4) verdrehbar;
 - 1.4 die Austrittskante (3.1) einer jeden Leitschaufel – bei gradlinigem Kantenverlauf – beziehungsweise die Verbindungslinie zwischen den Endpunkten einer jeden Austrittskante (3.1) – bei gekrümmtem Kantenverlauf – ist zur Leitschaufel-Drehachse geneigt.
2. Hydraulische Strömungsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaufeln von Leitrad und Laufrad derart gestaltet sind, daß die Austrittskanten der Leitschaufeln und die Eintrittskanten der Laufschaufeln – in einem Meridianschnitt gesehen – bei einer Leitschaufelöffnung weitgehend parallel zueinander verlaufen.
3. Hydraulische Strömungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittskanten der Leitschaufeln und die Eintrittskanten der Laufschaufeln so nahe beieinander liegen, wie dies der Umlauf des Laufrades zuläßt.
4. Hydraulische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontur der Austrittskante einer jeden Leitschaufel und die Kontur der Eintrittskante einer jeden Laufschaufel – in einem Meridianschnitt gesehen – einander geometrisch ähnlich sind.
5. Hydraulische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß dem Leitapparat (3) ein Traversenring (4) vorgeschaltet ist, und daß die Traversen-Eintrittskante I-J räumlich gekrümmt ist.
6. Hydraulische Strömungsmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Traversen-Austrittskante (4.1) zur Leitschaufel-Eintrittskante (3.2) windschief angeordnet ist.

- Leerseite -



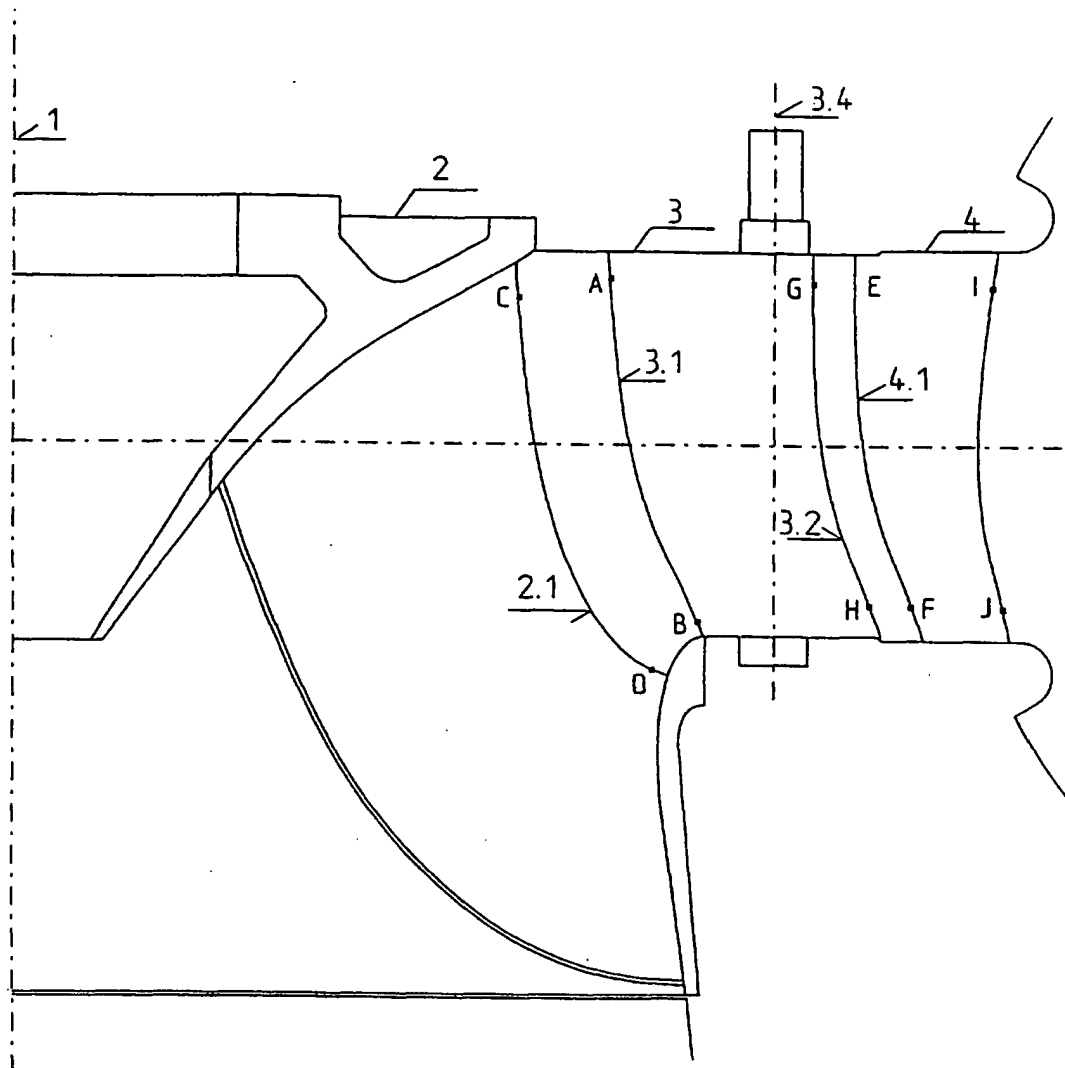


Fig. 2

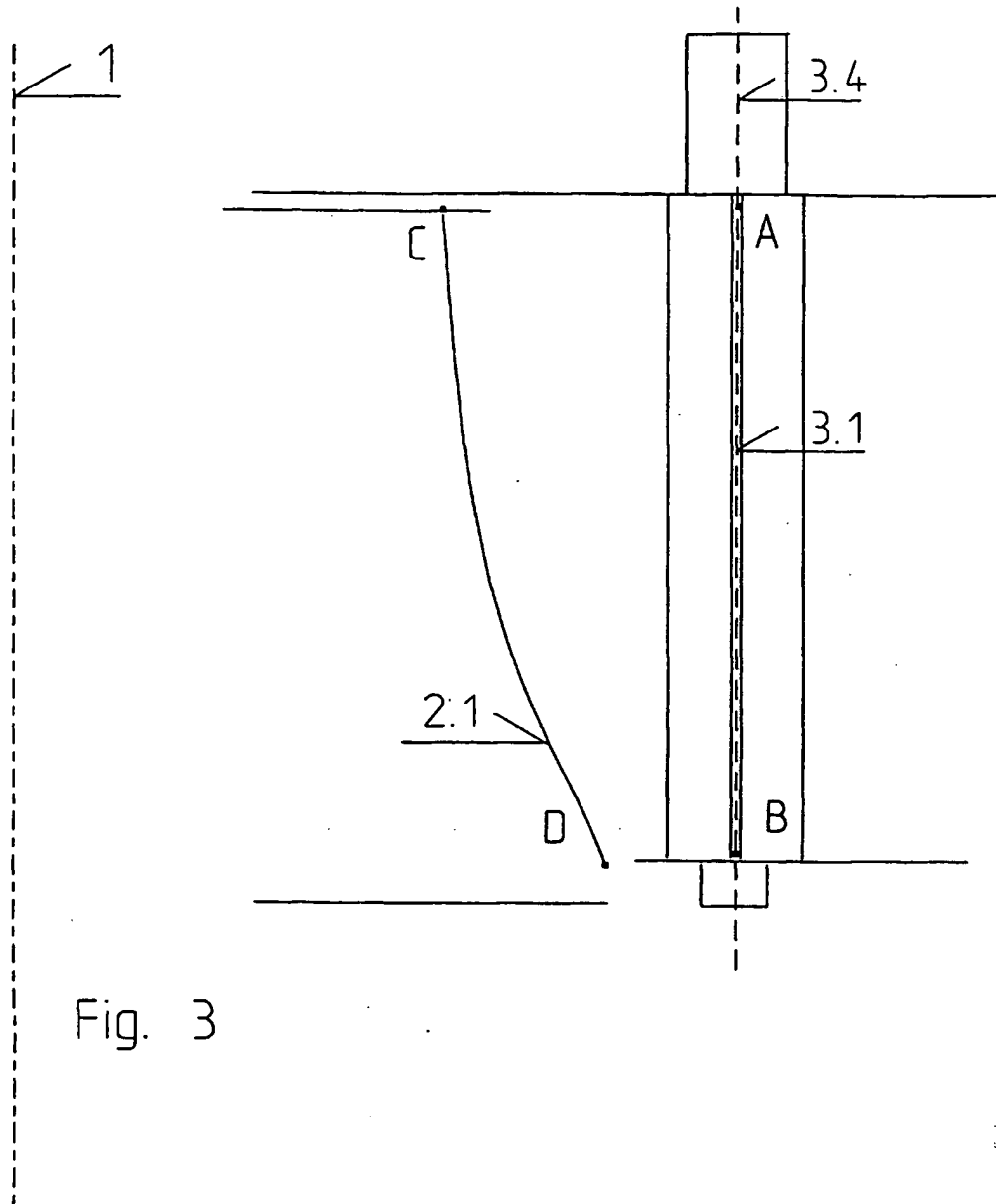


Fig. 3

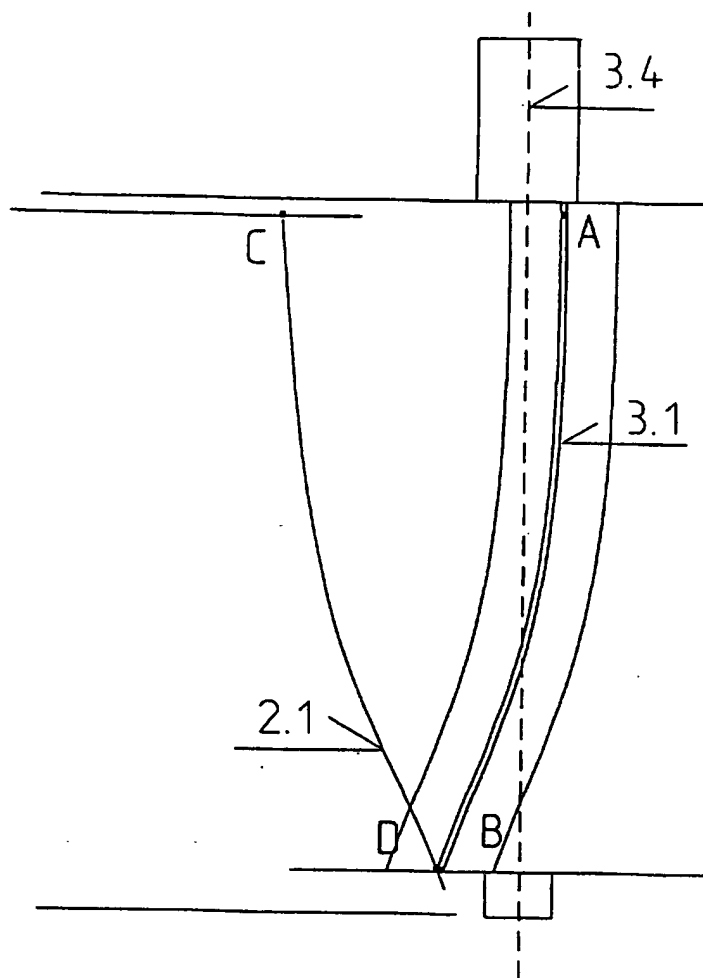


Fig. 4